



## PALEOCLIMATIC AND PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTION OF THE TERRITORIES OF THE ARAUCANA FLOODPLAIN BASED ON THE ANALYSIS OF RECENT SEDIMENTS, DEPARTMENT OF ARAUCA.

## RECONSTRUCCIÓN PALEOCLIMATICA Y PALEOAMBIENTAL DE LOS TERRITORIOS DE LA LLANURA INUNDABLE DEL ARAUCANA A PARTIR DEL ANÁLISIS DE SEDIMENTOS RECIENTES, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

Victor, V. M.\* Alexis Jaramillo J. \*\*

\**Geólogo Víctor Alfonso Villamizar Mateus, candidato a magister  
Universidad Nacional, Grupo de investigación I.C.N. [villamizarm@unal.edu.co](mailto:villamizarm@unal.edu.co)*

\*\**Ph.D Geólogo Alexis Jaramillo Justinico, profesor titular, facultad de  
ciencias, Universidad Nacional, Grupo de investigación I.C.N.  
[alexisjustinico@gmail.com.co](mailto:alexisjustinico@gmail.com.co)*

**Abstract:** In the area of influence of the floodplains of Arauca, the different processes of sedimentation, deposition and paleo-climates in the sector are reconstructed, allowing to recreate a model of history and evolution of territory during at least the last stages of the Upper Pleistocene and the Holocene. The characterization of the sedimentology and stratigraphic correlation in the zone, allows the direct relation of epochs of zone completely or partially flooded and of zones of dry periods where the source area of sediments of type eolic, forming dunes areas.

The morphology observed in the territories and mainly those linked to the Casanare and Arauca rivers are geomorphs such as dykes, floodplains and lateral barriers, while the main sedimentary contributions of the river systems are the drainages; the sediments come from the main source areas of the geological formations of the eastern flank territory of the eastern mountain range. The regime of winds that originated it come in a preferential direction East - West, combined with the sources of sands of large rivers located in the eastern part of the area, allowed the formation of greater wind deposits. Finally, reference is made to the current geomorphological units for the reconstruction of the old systems and the different climates.

**Keywords:** paleoclimates, correlation, stratigraphy, data

**Resumen:** En las áreas de influencia de las Llanuras inundables del Arauca, se reconstruye los diferentes procesos de sedimentación, depositación y paleoclimas en el sector, que permiten recrear un modelo de historia y evolución de territorio durante al menos durante los últimos estadios del Pleistoceno Superior y todo el Holoceno. La caracterización sedimentológica y correlación estratigráfica de la zona, permite la relación directa con épocas de evolución del sistema donde estuvo parcialmente inundables y de zonas de periodos secos donde el tipo de sedimentos fue de origen eólicos.

La morfología observada en los territorios y principalmente la vinculadas al río Casanare y Arauca son geomorfos como Diques, Planicies Inundables y



barreras laterales, mientras los principales aportes sedimentarios de los sistemas fluviales son los drenajes; los sedimentos vienen de áreas fuentes principales de las formaciones geológicas del territorio del flanco oriental de la cordillera oriental. El régimen de vientos que lo originaron viene en dirección preferencial Oriente – Occidente, combinado con las fuentes de arenas de grandes ríos ubicados en la parte oriental de la zona, permitió la formación de mayores depósitos eólicos. Finalmente se toma de referencia las unidades geomorfológicas actuales para la reconstrucción de los antiguos sistemas y los diferentes climas.

**Palabras claves:** Paleoclimas, correlación, estratigrafía, datos

## 1. INTRODUCCIÓN

Sobre los niveles inundables se destacan los ambientes de planicies aluviales extensas, de sedimentación finos, Meandros y ríos abandonados por sedimentación entre finos y materiales gruesos, pero de buena selección y redondeados los sedimentos, y niveles de diques o barras laterales, de sedimentación arenosa de buena selección y muy bien sedimentada.

El análisis de componentes principales junto con los registros mineralógicos, geomorfológico y estratigrafía detallada, permitieron establecer con suficiente precisión zonas y periodos críticos en el contexto de cambio climático que afectaron los sistemas fluviales, la estadística de sedimentación partiendo de la estratigrafía de resolución y dataciones estimadas realizadas en diferentes columnas, posteriormente se diseñan los modelos de evolución del sistema que cuenta en forma gráfica las diferentes etapas en la historia reciente (aproximadamente Pleistoceno Superior) que sufrió la zona de llanura Araucana (Armado, Y.I. 2013).

### 1.1 Marco teórico

En un sistema continental de antepaís los factores que controlan el relleno de la cuenca son la subsidencia tectónica (flexura regional y local, BAYONA & THOMAS 2003) y el clima (HOLBROOK et al. 2006). Ambos factores juegan un papel igualmente importante al controlar la relación entre el espacio de acomodación y el suministro de sedimento (Solano et al., 2013). El espacio de acomodación en un ambiente de antepaís puede cambiar debido a la subsidencia flexural, levantamientos locales o el ascenso del nivel base durante una temporada de fuertes lluvias en un clima tropical (BAYONA et al. 2008). La tasa de suministro de sedimentos puede ser afectada por la distancia de los frentes orogénicos, la densidad de vegetación, o la capacidad del sistema fluvial de transportar los sedimentos a la cuenca (LEEDER et al. 1998). También los procesos autigénicos de un sistema fluvo-deltaico varían abruptamente dentro del sistema deposicional (MUTO et al. 2007). La correlación estratigráfica se realiza de manera directa entre la similaridad sedimentológica, mineralógica y estadística de los materiales recientes entre las terrazas muestreadas en campo.

## 2. LOCALIZACIÓN

En los Llanos Orientales Colombianos, este del flanco oriental de la cordillera Oriental, cerca al límite con Venezuela estado Apure, en el departamento de Arauca, entre los municipios de Cravo Norte, Saravena, Tame, Puerto Rondón y Arauca, se aprecia el área de influencia del proyecto contemplado como llanuras inundables denominada de esta forma en el convenio entre PNN-ICN UNAL, y que para el informe se denomina como llanura aluvial Araucana, por ser de un ambiente en su gran mayoría de origen fluvial (ver figura 1).

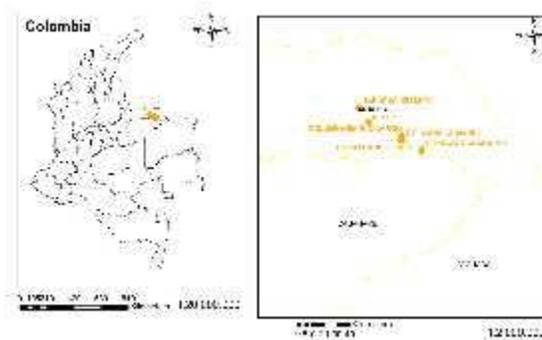


Figura. 1. localización del área de muestreo y de influencia del proyecto.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Criterios para toma de muestras

Los diferentes muestreos se hacen sobre y aledaños con los principales afluentes hídricos de la región Araucana, más exactamente sobre las terrazas aluviales, donde se observan perfiles de diferentes profundidades y niveles estratigráficos, que sean óptimos para el muestreo sedimentario y poder así preparar las muestras para los distintos análisis de laboratorios y descripciones mineralógicas.

#### 3.2. Metodología para la determinación de bloques del territorio de Arauca

El análisis de bloques del territorio se realizó a través de una serie de transeptos para mostrar la disposición de los territorios que drenan los sistemas fluviales desde la parte alta de la cordillera Oriental, los de piedemonte, la llanura aluvial y la altillanura. Igualmente se realizaron dos transeptos básicos que abarcan desde el piedemonte Llanero hasta los límites de Venezuela para ver la configuración topográfica, unos en dirección N-S y los otros E-W; de la misma forma se efectuaron unos cortes en las mismas direcciones, pero muchos más locales, concentradas en el área de interés del proyecto denominado Llanura Aluvial de Arauca.

#### 3.3. Análisis por difracción de rayos X e identificación mineralógica por método analítico DRX

La organización laminar de los minerales arcillosos es propicia para el estudio de las estructuras y su caracterización por DRX. Se aprovecha la diferencia de espesor de las láminas para reconocer las diferentes familias ( $d\text{Å}$ ), la respuesta a tratamientos de incorporación de moléculas o cationes en las interláminas y el comportamiento de las estructuras por efecto de calentamiento a diferentes temperaturas. Las muestras fueron preparadas y analizadas en los Laboratorios de Gmas Ltda., donde se utilizaron los equipos de análisis por difracción de rayos X siguiendo la metodología propuesta por Thorez (1976), con algunas modificaciones de menor grado como la reducción en el tiempo de secado a la mitad, en una habitación con humedad del 40% y temperatura de 22°C.

#### 3.4. Hidrografía, cuencas e implementación de herramientas SIG

Mediante las diferentes herramientas y el integro procedimientos de SIG, igualmente la fotointerpretación, y demás ayudas de sensores remotos, se determina los principales afluentes



y cuencas hidrográficas, con las cuales inicialmente se realiza un análisis indirecto entre las formaciones aportantes y depositadas en la llanura aluvial (material parental)., seguidamente se apoya en los demás métodos aplicados para el proyecto y así, establecer que formaciones son las más aportantes según el registro geológico y evolutivo.

### 3.4. Determinación de áreas fuentes

La integración de las diferentes variables como lo son la sedimentología, mineralogía (ver figura 2), estratigrafía, dataciones, pruebas de laboratorio, determinación de cuencas hidrográficas, geomorfología y evolución geológica permiten señalar una relación directa del área fuentes en cuanto sectores y las principales formaciones aportante de la mayoría de los sedimentos que se depositaron durante los últimos periodos geológicos recientes sobre la llanura aluvial araucana.

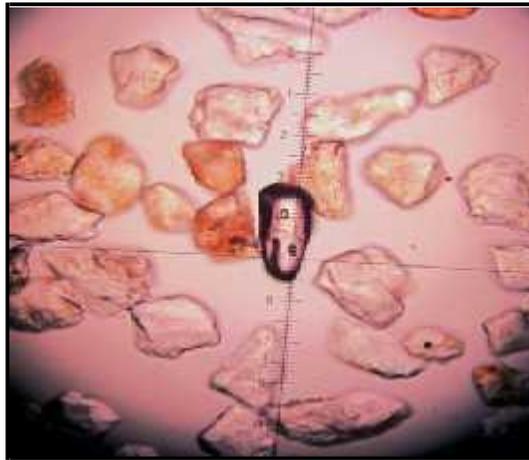


Figura. 2. Mineralogía de los principales sedimentos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Geología

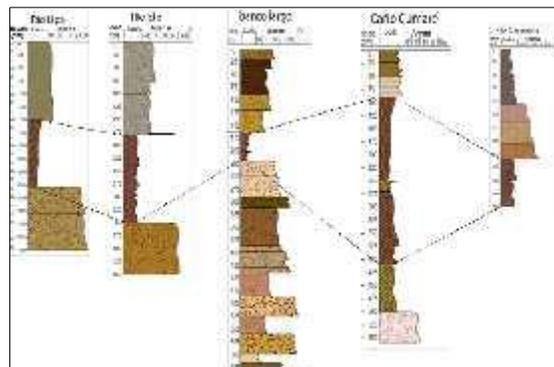
Las formaciones superficiales en las zonas de las sabanas inundables del Arauca están conformadas por materiales Cuaternarios que en su gran mayoría son de naturaleza fluvial y los elementos que lo conforman como llanura de inundación, terrazas, barras de arena laterales, centrales, islas y demás elementos que se forman en estas dinámicas (ver figura 3 y 4), así mismo existe un importante aporte de los médanos degradados depositados sobre estos materiales fluviales (arcillas y limos).

La sección tipo para estos territorios puede ubicarse en el sector de Banco Largo donde se presenta la secuencia más completa para el territorio y en ella se refleja la historia geológica de la zona al menos en el intervalo de 42000 años BP.



**Figura. 3.** Depósitos Eólicos aledaños al Municipio de Cravo Norte - Arauca.

La columna de barranco largo permite apreciar una sucesión sedimentológica de techo a base, entre arenas media y finas, limosas, a arcillas limosas abigarradas poco oscuras, a cambios en la parte media de la columna de arenas medias a gruesas con contenidos de óxidos de fe, terminando en la parte basal en alternancias de arenas finas y arenas gruesas con fracciones líticas y laminación paralela, cada uno de estos niveles refleja cambios en algunos casos abruptos en los ambientes de formación y aportes de sedimentos a la cuenca.



**Figura. 4.** Correlación estratigráfica entre los perfiles cuaternarios de la zona de Arauca.

Se observa un territorio con controles estructurales, donde los ríos son controlados por lineamientos y fallamientos profundos del terciario que se extienden hacia los materiales del cuaternario facilitando en comportamiento incisivo de los drenajes como los asociados al río Casanare, Cravo Norte, río Lipa y Río Ele, así como un sinnúmero de caños que han heredado este comportamiento estructural.

#### 4.2. Geomorfología

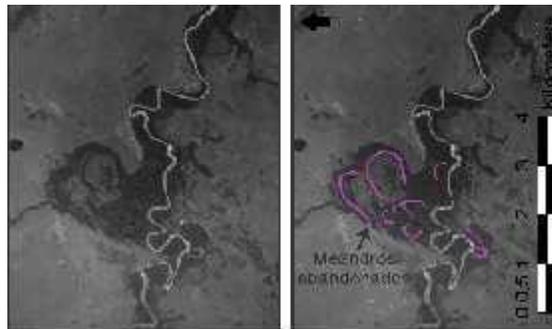
Indican morfogénesis fluvial de alta energía donde se depositaron arenas cuarzosas gruesas a finas mal seleccionadas de colores blancos y amarillentos, morfogénesis fluvial de baja energía donde se depositaron arcillas abigarradas de colores blancos y rojizos, morfogénesis eólica donde se depositaron arenas cuarzosas medias a finas, ocasionalmente limosas, bien seleccionados de colores marrones y naranjas. Las características morfogenéticas (ver figura 5)



de la zona de estudio indica variaciones climáticas. Se establecieron 11 zonas de procesos geomorfológicos que presente en el área de estudio y la intensidad con que se presentan con dichos procesos.

#### 4.3 Evolución geológica local

La columna estratigráfica cuaternaria denominada Banco Largo estratotipo del sector, evidencia la evolución de ambientes geológicos y morfodinámicos (ver figuras 6, 7 y 8), se aprecia el dinamismo y cambios que sufrió durante varias épocas geológicas recientes y el aporte de sedimentos de los diferentes ambientes que se presentaron durante los últimos 38.000 años aproximadamente.



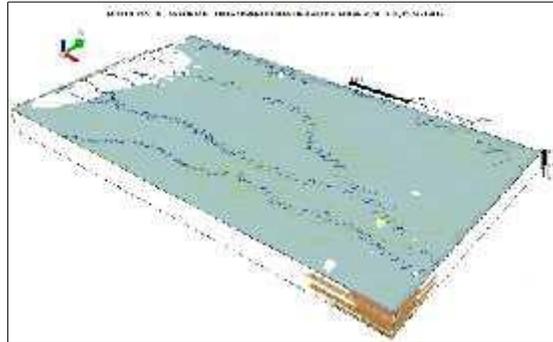
**Figura. 5.** Fotointerpretación de meandros abandonados fuente: IGAC, modificada por el autor

Sobre el nivel basal de la columna Banco Largo, se aprecia que en un inicio el sistema el ambiente era netamente fluvial, con una gradación positiva reflejada en los sedimentos de tipo arenosos, incremento de energía concerniente a lo que respecta el aumenta el caudal,

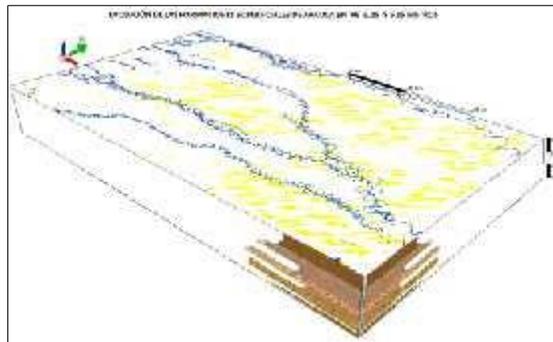
Un poco menos profundo, hacia los 5,60 metros aprox, se estima una primera discordancia entre el ambiente fluvial (coincide con eventos temporales de deshielo y mucho aporte de agua por precipitación) de arenas muy gruesas de buena selección, con un nivel discordante que suprayaciendo por un médano (ambiente eólico muy seco de fuertes vientos) constituido por arenas finas a medias, oxidadas, bien seleccionadas, subredondeadas y muy cuarzosas; donde alrededor de 4,8 metros de profundidad, se presenta un evento cíclico similar al anterior entre lo fluvial y lo eólico, con una discordancia entre ellos.

Hacia la parte media de la columna, entre 4,75 y 2,25 metros se desarrollan diferentes ambientes aluviales, con alternaciones con aporte eólicos (áridos y secos), sufriendo los médanos de una degradación y retrabajamientos; los canales disminuyen en su diámetro y menor amplitud en lecho, generan una centralización en una misma dirección congruente al actual oeste –este. En estos niveles el aporte fluvial por precipitaciones, inundaron varias épocas el sistema, con aportes de arenas, limos y arcillas.

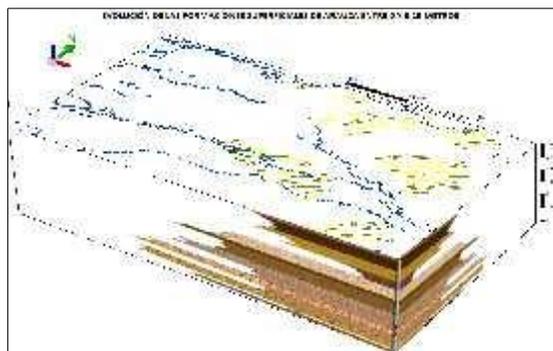
Hacia la aparte media alta entre 1,75 y 2,25 metros de profundidad, se presenta un nivel netamente arcilloso (arcillas limo arenosas, abigarradas, tonalidades marrón moteadas, nódulos, cuarzosas), se deduce que el paquete es origen de un mega evento de tipo regional.



**Figura. 6.** Octavo modelo de evolución, se aprecia los canales centralizados, y las huellas de paleocanales, degradación de meandros.



**Figura. 7.** Noveno modelo de evolución, megainundación, lente de agua permanente que invadió el sector, niveles arcillosos



**Figura. 8.** Undécimo modelo de evolución, sistema actual, los canales disminuyeron y los meandros en forma de relictos, retrabajados.

## 5. CONCLUSIONES

- La sección tipo para estos territorios puede ubicarse en el sector de Banco Largo donde se presenta la secuencia más completa y en ella se refleja la historia geológica de la zona al menos en el intervalo de 42000 años BP.
- Se estableció la cronología relativa de procesos geomorfológicos que ligados al ambiente morfogenético indican una posible evolución que se acopla a la observación y al análisis integrado de fotos aéreas e imágenes satelitales, donde se destaca entre otras cosas: el rejuvenecimiento que ha sufrido el sistema fluvial, evidenciado en la mayor sinuosidad y



mayor área de influencia de antiguos cauces activos lo que indica un posible levantamiento tectónico; la disminución del caudal que muestran algunos ríos respecto a tiempos anteriores, evidenciado en paleocanales más anchos que los cauces activos actuales; el retrabajamiento que han sufrido los depósitos eólicos, evidenciado en la degradación que muestran los médanos; y la constante migración lateral de cauces activos, evidenciado en acreción de barras y paleocanales distantes del cauce actual.

- Los depósitos analizados en el área son posiblemente el producto de sucesivos eventos fluviales, alternados con eventos eólicos en épocas de extensas sequías en el pleistoceno tardío. Los cuales se encuentran fuertemente influenciados por la tectónica y la variación climática.
- Los depósitos superficiales en el sector de Arauca se interpretan como el retrabajamiento de las arenas de médanos, originado por los Ríos los cuales degradan y borran dichas estructuras eólicas.

### Referencias Bibliográficas

Acosta C.E. (1960). Estratigrafía de García Rovira. – Bol. Geol. Univ. Industrial de Santander, No. 5, 33-40, Bucaramanga.

Ivanova, Yulia., Sarmiento, Armando. (2013). Evaluación de la huella hídrica de la ciudad de Bogotá como una herramienta de la gestión del agua en el territorio urbano. Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo. ISSN 1900-9178, 4 (2). pp: 1 – 5.

Bayona. G., Cortés, M., Jaramillo, C., Ojeda, G., Aristizabál, J.J. A. & Reyes-Harker. (2008): An integrated analysis of an orogensedimentary basin pair: Latest Cretaceous-Cenozoic evolution of the linked Eastern Cordillera orogen and the Llanos foreland basin of Colombia. Geological Society of America Bulletin 120 (9-10): 1171-1197.

Bayona, G. & Thomas, W.A. (2003): Distinguishing fault reactivation from flexural deformation in the distal stratigraphy of the peripheral Blountian foreland basin. Basin Research, v. 15, p. 503-526.

Beltrán, A. (2009): Caracterización de los Patrones de Fracturamiento en el área del Sinclinorio de Medina y la Falla de Guaicaramo, Piedemonte Llanero de los Andes Colombianos. Implicaciones en la Exploración y Producción de Hidrocarburos en depósitos del Terciario (Tesis Maestría Geología). 46 pp, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias,.Bogotá.

Castellanos, J. (2009): Patrón de fracturamiento en el Anticlinal de Silbadero y su relación con el plegamiento del frente de deformación del bloque colgante de la falla de Guaicaramo. (Trabajo de Grado). 45 p, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogotá.

Fabre, A. (1983). Mapa Geológico escala 1: 1 00.000 de la Plancha 153 Chita. Mapa Preliminar publicado en 1984. Bogotá: INGEOMINAS.

Etayo Serna, F. 1985. Paleontología estratigráfica del Sistema Cretácico en la sierra nevada del Cocuy. En: Etayo Serna, F. & Laverde, F. (Editores), Proyecto Cretácico: Contribuciones.



INGEOMINAS. Publicaciones Geológicas Especiales del INGEOMINAS, (16): XXIV1–XXIV25. Bogotá.

Holbrook, J., Scott, R.W. & Oboh-Ikuenobe, F. (2006): Base-level Buffers and Buttresses: A model for Upstream versus Downstream Control on Fluvial Geometry and Architecture within Sequences. *Journal of Sedimentary Research*, v. 76, p. 162-174.

Leeder, M. R., Harris, T. & Kirkby, M. J. (1998): Sediment supply and climate change: implications for basin stratigraphy. *Basin Research*, v. 10, p. 7-18.

Mora, A & Kammer, A. (1999): Comparación de estilos estructura les en la sección entre Bogotá y los Farallones de Medina, Cordillera Oriental de Colombia. *Geología Colombiana*, Vol. 24, pp. 55 – 82.

Muto, T., Steel, R J. & Swenson, J B. (2007): Autostratigraphy: A framework norm for genetic stratigraphy. *Journal of Sedimentology Research*, v. 77, p. 2-12.

Rincón, A. & Támara, J. (2005): La Falla de Mirador y su significado para la sedimentación del Titoniano-Neocomiano (Villavicencio, Colombia) [BSc thesis]: Bogotá, Universidad Nacional de Colombia

Rodriguez S., Juan G., Quintana C., César D., Rivera A., Héctor U., Mosquera T., Jemay. (2013). Zonificación del peligro de remoción en masa en las zonas urbanas según método de análisis mora y vahrsen: estudio de caso. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*. ISSN 1900-9178, 4 (1). pp: 13 - 22.